

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-70282

(P2001-70282A)

(43)公開日 平成13年3月21日(2001.3.21)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード(参考)
A 6 1 B 5/055		A 6 1 B 5/05	3 5 0 4 C 0 9 6
G 0 1 R 33/31		G 0 1 N 24/02	5 1 0 F
33/48		24/08	5 1 0 Y

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平11-254102

(22)出願日 平成11年9月8日(1999.9.8)

(71)出願人 000121936

ジーイー横河メディカルシステム株式会社
東京都日野市旭が丘4丁目7番地の127

(72)発明者 塚元 鉄二

東京都日野市旭が丘四丁目7番地の127
ジーイー横河メディカルシステム株式会社
内

(74)代理人 100085187

弁理士 井島 藤治 (外1名)

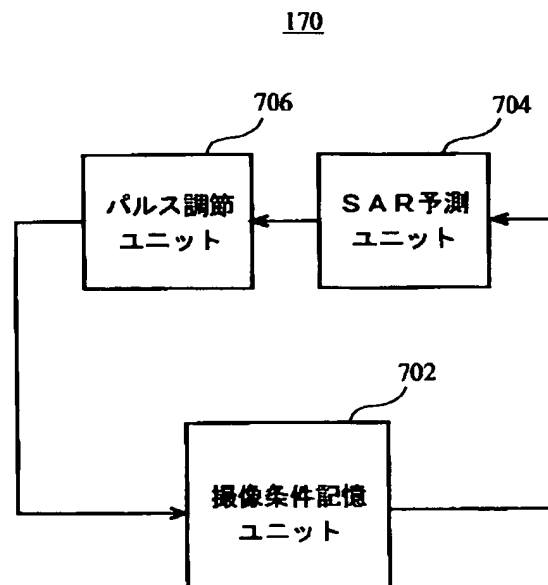
Fターム(参考) 4C096 AA01 AB46 AD06 AD10 AD24
BA05 BA07 BB03 BB11 BB13
BB31 CC19 CC26 CC29 CC40

(54)【発明の名称】 スピン励起方法および装置並びに磁気共鳴撮像装置

(57)【要約】

【課題】 SARの限度を守りつつ能率の良い撮像を行うためのスピン励起方法および装置、並びに、そのようなスピン励起装置を用いる磁気共鳴撮像装置を実現する。

【解決手段】 パルスシーケンスを実行した場合の撮像対象のSARを予測し(704)、SARの予測値が予め定めた限度内となるように、パルスシーケンスにおけるRFパルスの数、パルス波形およびパルス幅のうちの少なくとも1つを調節する(706)。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 RFパルスを含むパルスシーケンスで撮像対象のスピンを励起するに当たり、

前記パルスシーケンスを実行した場合の撮像対象のSARを予測し、

前記予測したSARの値が予め定めた限度内となるように、前記パルスシーケンスにおける前記RFパルスのパルス数、パルス波形およびパルス幅のうちの少なくとも1つを調節する、ことを特徴とするスピン励起方法。

【請求項2】 RFパルスを含むパルスシーケンスで撮像対象のスピンを励起するスピン励起装置であって、前記パルスシーケンスを実行した場合の撮像対象のSARを予測するSAR予測手段と、

前記予測したSARの値が予め定めた限度内となるように、前記パルスシーケンスにおける前記RFパルスのパルス数、パルス波形およびパルス幅のうちの少なくとも1つを調節するRFパルス調節手段と、を具備することを特徴とするスピン励起装置。

【請求項3】 撮像対象を収容した空間に静磁場を形成する静磁場形成手段と、

前記空間に勾配磁場を形成する勾配磁場形成手段と、

前記空間にRF励起信号を送信する送信手段と、

前記空間から磁気共鳴信号を受信する受信手段と、

前記受信した磁気共鳴信号に基づいて画像を生成する画像生成手段と、を有する磁気共鳴撮像装置であって、前記送信手段として請求項2に記載のスピン励起装置を用いる、ことを特徴とする磁気共鳴撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、スピン(spin)励起方法および装置並びに磁気共鳴撮像装置に関し、特に、RFパルス(radio frequency pulse)を含むパルスシーケンス(pulse sequence)で撮像対象のスピンを励起するスピン励起方法および装置、並びに、そのようなスピン励起装置を用いる磁気共鳴撮像装置に関する。

【0002】

【従来の技術】磁気共鳴撮像装置では、撮像対象のスピンをRF励起する場合、RF励起によるSAR(Specific Absorption Rate)を所定の基準値以下に抑制して撮像対象の安全性を確保するようにしている。そのためには、撮像条件を設定するたびに、磁気共鳴撮像装置はその条件で撮像した場合のSARを予測し、基準値を超えるときは撮像条件を変更するようにしている。撮像条件の変更は自動的に行うかあるいは操作者に撮像条件の再設定を促すことにより行う。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】SARは概ねRF励起信号の周波数の2乗に比例するので、静磁場として例えば3T(tesla)程度の高磁場を用いる磁気共鳴撮

像装置では、RF励起信号の周波数上昇によりSARの限度逸脱が発生し易く、撮像条件の変更の機会が多くなる。SARを低減するための撮像条件の変更は、1TR(repetition time)以内にスキャン(scan)するマルチスライス(multislice)の数を減らすことにより行うのが普通であるが、スライス数を減じると撮像の能率が低下するという問題があった。

【0004】本発明は上記の問題点を解決するためになされたもので、その目的は、SARの限度を守りつつ能率の良い撮像を行うためのスピン励起方法および装置、並びに、そのようなスピン励起装置を用いる磁気共鳴撮像装置を実現することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】(1)上記の課題を解決するための第1の観点での発明は、RFパルスを含むパルスシーケンスで撮像対象のスピンを励起するに当たり、前記パルスシーケンスを実行した場合の撮像対象のSARを予測し、前記予測したSARの値が予め定めた限度内となるように、前記パルスシーケンスにおける前記RFパルスのパルス数、パルス波形およびパルス幅のうちの少なくとも1つを調節することを特徴とするスピン励起方法である。

【0006】(2)上記の課題を解決するための第2の観点での発明は、RFパルスを含むパルスシーケンスで撮像対象のスピンを励起するスピン励起装置であって、前記パルスシーケンスを実行した場合の撮像対象のSARを予測するSAR予測手段と、前記予測したSARの値が予め定めた限度内となるように、前記パルスシーケンスにおける前記RFパルスのパルス数、パルス波形およびパルス幅のうちの少なくとも1つを調節するRFパルス調節手段とを具備することを特徴とするスピン励起装置である。

【0007】(3)上記の課題を解決するための第3の観点での発明は、撮像対象を収容した空間に静磁場を形成する静磁場形成手段と、前記空間に勾配磁場を形成する勾配磁場形成手段と、前記空間にRF励起信号を送信する送信手段と、前記空間から磁気共鳴信号を受信する受信手段と、前記受信した磁気共鳴信号に基づいて画像を生成する画像生成手段とを有する磁気共鳴撮像装置であって、前記送信手段として請求項2に記載のスピン励起装置を用いることを特徴とする磁気共鳴撮像装置である。

【0008】(4)上記の課題を解決する他の観点での発明は、前記調節するRFパルスは180°パルスであることを特徴とする(1)に記載のスピン励起方法である。

(5)上記の課題を解決する他の観点での発明は、前記調節するRFパルスは180°パルスであることを特徴とする(2)に記載のスピン励起装置である。

【0009】(6) 上記の課題を解決する他の観点での発明は、前記調節するRFパルスは180°パルスであることを特徴とする(3)に記載の磁気共鳴撮像装置である。

【0010】(7) 上記の課題を解決するための他の観点での発明は、撮像対象を収容した空間に静磁場を形成し、前記空間に勾配磁場を形成し、前記空間にRF励起信号を送信し、前記空間から磁気共鳴信号を受信し、前記受信した磁気共鳴信号に基づいて画像を生成する磁気共鳴撮像方法であって、前記送信を(1)または(4) 10 に記載のスピン励起方法により行うことを特徴とする磁気共鳴撮像方法である。

【0011】(作用) 本発明では、SARの予測値が予め定めた限度内となるように、パルスシーケンスにおけるRFパルスのパルス数、パルス波形およびパルス幅のうちの少なくとも1つを調節する。このため、1TR内のスライス数は減少せず撮像能率が低下しない。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、本発明は実施の形態 20 に限定されるものではない。図1に磁気共鳴撮像装置のブロック(block)図を示す。本装置は本発明の実施の形態の一例である。本装置の構成によって、本発明の装置に関する実施の形態の一例が示される。

【0013】図1に示すように、本装置はマグネットシステム(magnet system) 100を有する。マグネットシステム100は主磁場コイル部10 2、勾配コイル部106およびRFコイル部108を有する。これら各コイル部は概ね円筒状の外形を有し、互いに同軸的に配置されている。マグネットシステム10 30 0の内部空間に、撮像対象300がクレードル(cradle) 500に搭載されて図示しない搬送手段により搬入および搬出される。

【0014】主磁場コイル部102はマグネットシステム100の内部空間に静磁場を形成する。主磁場コイル部102は、本発明における静磁場形成手段の実施の形態の一例である。静磁場の方向は概ね撮像対象300の体軸方向に平行である。すなわちいわゆる水平磁場を形成する。主磁場コイル部102は例えば超伝導コイルを用いて構成される。なお、超伝導コイルに限らず常伝導 40 コイル等を用いて構成しても良いのはもちろんである。

【0015】勾配コイル部106は静磁場強度に勾配を持たせるための勾配磁場を生じる。発生する勾配磁場は、スライス(slice)勾配磁場、リードアウト(read out)勾配磁場およびフェーズエンコード(phase encode)勾配磁場の3種であり、これら3種類の勾配磁場に対応して勾配コイル部106は図示しない3系統の勾配コイルを有する。

【0016】RFコイル部108は撮像対象300の体内のスピンを励起するための高周波磁場を形成する。以 50

下、高周波磁場を形成することをRF励起信号の送信という。RFコイル部108は、また、励起されたスピンが生じる電磁波すなわち磁気共鳴信号を受信する。

【0017】勾配コイル部106には勾配駆動部130が接続されている。勾配駆動部130は勾配コイル部106に駆動信号を与えて勾配磁場を発生させる。以下、勾配磁場を単に勾配ということがある。勾配コイル部106および勾配駆動部130からなる部分は、本発明における勾配磁場形成手段の実施の形態の一例である。勾配駆動部130は、勾配コイル部106における3系統の勾配コイルに対応する図示しない3系統の駆動回路を有する。

【0018】RFコイル部108にはRF駆動部140が接続されている。RFコイル部108およびRF駆動部140からなる部分は、本発明における送信手段の実施の形態の一例である。RF駆動部140はRFコイル部108に駆動信号を与えてRF励起信号を送信し、撮像対象300の体内のスピンを励起する。

【0019】RFコイル部108には、また、データ収集部150が接続されている。受信コイル部110およびデータ収集部150からなる部分は、本発明における受信手段の実施の形態の一例である。データ収集部150は受信コイル部110が受信した受信信号を取り込み、それをデジタルデータ(digital data)として収集する。

【0020】勾配駆動部130、RF駆動部140およびデータ収集部150には制御部160が接続されている。制御部160は、勾配駆動部130ないしデータ収集部150をそれぞれ制御する。

【0021】データ収集部150の出力側はデータ処理部170に接続されている。データ処理部170は、データ収集部150から取り込んだデータを図示しないメモリ(memory)に記憶する。メモリ内にはデータ空間が形成される。データ空間は2次元フーリエ(Fourier)空間、すなわち、いわゆるkスペース(space)を構成する。データ処理部170は、これら2次元フーリエ空間のデータを2次元逆フーリエ変換して撮像対象300の画像を再構成する。データ処理部170は、本発明における画像生成手段の実施の形態の一例である。

【0022】データ処理部170は制御部160に接続されている。データ処理部170は制御部160の上位にあってそれを統括する。データ収集部150、制御部160、RF駆動部140およびRFコイル部108からなる部分は、本発明のスピン励起装置の実施の形態の一例である。本励起装置の構成によって、本発明のスピン励起装置に関する実施の形態の一例が示される。本励起装置の動作によって、本発明のスピン励起方法に関する実施の形態の一例が示される。

【0023】データ処理部170には、表示部180お

よび操作部190が接続されている。表示部180は、データ処理部170から出力される再構成画像および各種の情報を表示する。操作部190は、操作者によって操作され、各種の指令や情報等をデータ処理部170に入力する。

【0024】磁気共鳴撮像を行うときの本装置の動作を説明する。以下に述べる動作は制御部160による制御の下で進行する。磁気共鳴撮像には、例えば図2に模式的に示すようなパルスシーケンス(pulse sequence)が用いられる。このパルスシーケンスは、

ファースト・スピンエコー(FSE: Fast Spin Echo)法のパルスシーケンスである。【0025】すなわち、(1)はFSEにおけるRF励起用の90°パルスおよび180°パルスのシーケンスであり、(2)、(3)、(4)および(5)は、同じくそれぞれ、スライス勾配Gs、リードアウト勾配Gr、フェーズエンコード勾配GpおよびスピンエコーMRのシーケンスである。なお、90°パルス、180°パルスおよびスピンエコーMRはそれぞれ中心信号で代表する。パルスシーケンスは時間軸tに沿って左から右に進行する。

【0026】同図に示すように、90°パルスによりスピンの90°励起が行われる。このときスライス勾配Gsが印加され所定のスライスについての選択励起が行われる。90°励起後、最初の180°パルスが印加される。このときスライス勾配Gsが印加され同スライスについての選択励起が行われる。

【0027】最初の180°パルスの印加後に、180°パルス、スライス勾配Gs、リードアウト勾配Grおよびフェーズエンコード勾配Gpがそれぞれのタイミング(timing)で印加される。リードアウト勾配Grは180°パルスでスピンを反転するたびに印加されてスピンエコーのリードアウトを行う。

【0028】フェーズエンコード勾配Gpは各リードアウト勾配Grの前後に印加される。前に印加されるフェーズエンコード勾配でスピンをフェーズエンコードし、後に印加されるフェーズエンコード勾配でスピンのフェーズエンコードを0に戻す。これによって複数のスピンエコーMRが順次に発生する。

【0029】このようにして、1回の90°励起につき複数個のスピンエコーを発生させる。複数のスピンエコーはそれぞれフェーズエンコードを異にする。ここでは、図示の便宜上エコー数が6としているが、これに限るものではなく適宜の数として良い。

【0030】これらスピンエコーがデジタルデータとしてデータ処理部170のメモリ内のkスペースに収集される。フェーズエンコードが個々に異なるので、エコーデータはkスペースにおける別々なトラジェクトリ(trajectory)を形成する。

【0031】以上の動作を、スピンの緩和時間を考慮し

た周期TR(repetition time)で繰り返す、そのつど別なトラジェクトリのエコーデータを収集し、所定回数の繰り返しにより全トラジェクトリのエコーデータを得る。

【0032】1つのスライスのスピンの緩和を待つ間に他の複数のスライスについて同様なスキャンを順次に行い、いわゆるマルチスライススキャンを行う。すなわち、例えば図3に示すように、最初にスライスs1をスキャンしたら、次にスライスs2をスキャンし、以下同様にスライスs3、s4、s5をスキャンする。スライスs5のスキャンが終わる頃に時間TRが経過する。そこで、スライスs1からまた同様なスキャンを繰り返す。このようなマルチスキャンのタイムチャート(time chart)を図4に示す。

【0033】データ処理部170は、各スライスごとのkスペースのデータをそれぞれ2次元逆フーリエ変換して撮像対象300のマルチスライスの断層像を再構成する。再構成画像はメモリに保存され、また、表示部180に可視像として表示される。

【0034】このような撮像を行う場合、RF励起とりわけ180°励起が多用されるので撮像対象300のSARが増加する。特に静磁場強度が3T程度の高磁場である場合はSARの増加が著しい。

【0035】そこで、データ処理部170は、パルスシーケンスを実行する前に、それを実行した場合のSARの予測値を計算し、予め与えられているSARの安全上の基準値と比較し、基準を超える場合は、RFパルスを調節してSARを基準に適合するまで低下させる。

【0036】図5に、RFパルスの調節に関わるデータ処理部170のブロック図を示す。同図に示すように、データ処理部170は撮像条件記憶ユニット(unit)702、SAR予測ユニット704およびパルス調節ユニット706を有する。撮像条件記憶ユニット702はデータ処理部170のメモリによって実現される。SAR予測ユニット704およびパルス調節ユニット706は、いずれもデータ処理部170のコンピュータプログラム等により実現される。

【0037】SAR予測ユニット704は、本発明におけるSAR予測手段の実施の形態の一例である。パルス調節ユニット706は、本発明におけるRFパルス調節手段の実施の形態の一例である。

【0038】SAR予測ユニット704は、撮像条件記憶ユニット702から撮像条件すなわち撮像に用いるパルスシーケンスを読み出し、そのパルスシーケンスでスキャンしたときのSARを予測する。SARの予測はパルスシーケンスにおけるRFパルスのシーケンスに基づいて行う。

【0039】RFパルスの瞬時値A(t)とSARの間には、

【0040】

【数1】

$$SAR \propto \int |A(t)|^2 dt \quad (1)$$

【0041】という関係があるので、SAR予測ユニット704は、先ず、RFパルスシーケンスについて(1)式の右辺の値を計算する。すなわち、図6の(b)に示すように、RFパルスシーケンスに含まれる一連の90°パルスおよび180°パルスについて(1)式の右辺の値を計算する。

【0042】90°パルスおよび180°パルスは、デフォルト(default)状態では例えば同図の(c)に示すような波形を持つ。このような波形を持つパルスはSLR(Shinnar-Le Roux)パルスと呼ばれる。ただし、90°パルスの面積は180°パルスの面積の半分である。

【0043】SAR予測ユニット704は、次に、上式による計算値が標準RFパルスの何個分に相当するかを調べる。標準RFパルスに関する(1)式の右辺の値は予めわかっており、また、それに対応するSARも実測により予めわかっている。すなわち、標準RFパルスに

関しては、(1)式における比例定数が実測により判明している。

【0044】このため、パルスシーケンスに含まれるRFパルスに関する(1)式の右辺の値を標準RFパルスの個数に換算することにより、パルスシーケンスを実行したときのSARの予測値を求めることができる。

【0045】このようにして求めたSARの予測値はパルス調節ユニット706に入力される。パルス調節ユニット706は、SAR予測値を所定の安全基準値に基づいて判定する。SARの安全基準値は、例えば頭部に関しては3W/kg以下と規格化されている。

【0046】SARの予測値が安全基準値を超えている場合、パルス調節ユニット706はRFパルスの調節を行う。RFパルスの調節は、例えば図7に示すように、元のSLRパルス波形(c)をsincパルス波形(d)に変更すること等により行う。ただし、スピンのフリップアングル(flip angle)とRFパルスの間には、

【0047】

【数2】

$$FlipAngle \propto \int A(t) dt$$

【0048】という関係があるので、同一のフリップアングルを維持するために、波形を変えても(2)式の右辺の値すなわちパルス面積が変わらないようにする。このような条件を満足するsincパルス波形においては一般的に(1)式の右辺の値がSLRパルス波形の場合よりも小さくなる。したがって、波形変更後のパルスシーケンスはSARが低減する。このようなRFパルス調節は主として180°パルスについて行うが、90°パ

ルスを含めて行っても良いのはもちろんである。

【0049】SARを低減するためのRFパルスの変更は、sincパルス波形への変更に限るものではなく、例えばSLRパルス波形をハミングフィルタ(Hamming filter)やハンニングフィルタ(Hanning filter)またはその他の適宜のフィルタで処理して得られる波形を用いるようにしても良い。この場合にも、波形面積不変の条件の下でSARを低減させることが可能である。

【0050】あるいは、また、図8に示すように、SLRパルス波形のままで、そのパルス幅を(a)に示す状態から(c)に示すように広げるようにしても良い。面積不変の条件の下では、パルス幅を広げることにより振幅が低下するのでSARを減少させることができる。なお、その場合、リードアウト勾配も180°パルスのパルス幅増加に合わせて調節する。また、図示を省略するがスライス勾配についても同様である。このような調節もパルス調節ユニット706の機能に含まれる。

【0051】SARを低減するためには、180°パルスの数を削減するようにしても良い。これによって180°励起の回数が減るのでSARが低減する。また、以上の各手法のいずれかを単独で使用するばかりでなく、必要に応じてそれらのいくつかを組み合わせて用いるようにしても良い。

【0052】このようにして調節されたRFパルスを用いる新たな撮像条件が、撮像条件記憶ユニット702に記憶される。変更後の撮像条件について、SAR予測ユニット704はあらかじめSARの予測を行う。そして、SARが基準に満たないときはパルス調節ユニット706でRFパルス等を調節する。この繰り返しにより、SARの予測値が基準を満たすようにパルスシーケンスを修正する。

【0053】本装置の動作を説明する。図9に、動作のフロー(flow)図を示す。同図に示すように、ステップ(step)902で撮像条件の入力を行う。撮像条件の入力は、本装置のユーザー(user)により操作部190と表示部180を用いてインタラクティブ(interactive)に行われる。

【0054】撮像条件入力の詳細なフロー図を図10に示す。同図に示すように、ステップ912で撮像に関わる基本パラメータ(parameter)、すなわち、例えばパルスシーケンスの種類、TR、TE(echo time)、エコー数、FOV(field of view)、画像マトリクスサイズ(matrix size)等を入力する。次に、ステップ914でスライス枚数を入力する。

【0055】以上のパラメータ入力の後、ステップ916でSARの予測値を計算する。SAR予測値の計算は、データ処理部170のSAR予測ユニット704により前述のようにして行われる。

【0056】計算されたSAR予測値について、ステップ918で基準SAR値を超えているか否かを判定し、基準SAR値以上である場合はステップ920でRFパルス等のパラメータ変更を行う。これらの処理は、データ処理部170におけるパルス調節ユニット706により前述のようにして行われる。

【0057】なお、パラメータの変更に際して、表示部180に、RFパルス波形に関して、例えば高SARタイプ(type)、中SARタイプ、低SARタイプ等の複数の選択肢を表示し、ユーザーに選択させるようにするのが、ユーザーの意向を適切に反映させる点で好ましい。

【0058】パラメータ変更後、ステップ916で再度SARの予測値を計算し、ステップ918で基準値に基づいて判定する。SARの予測値が基準値を超えている間は以上の処理を繰り返す。

【0059】SARの予測値が基準値以下になったとき、あるいは、最初から基準値以下である場合はステップ922でユーザーが残りのパラメータを入力する。残りのパラメータは、例えば撮像部位やスライス方向(アキシアル:axial、サジタル:sagital、コ

ロナル:coronal)等である。

【0060】以上の撮像条件入力の後、図9のフロー図のステップ904でスキャンを行う。上述のような撮像条件の調節により、スキャンはSARの安全基準以内で行われる。それでありながら、スライス枚数はユーザーが最初に指定した値が維持されるので、撮像は能率良

く行うことができる。

【0061】次に、ステップ906で、スキャンデータに基づいて画像を再構成し、ステップ908で表示部180による画像の表示およびメモリへの保存を行う。以上、FSE法のパルスシーケンスによる撮像例について本発明を説明したが、撮像はFSEに限るものではなく、スピンエコー(SE:Spin Echo)法やインバージョン・リカバリ(IR:Inversion Recovery)法、およびその他のRF励起の頻度が高いパルスシーケンスについて本発明を適用することができ、同様な効果を奏することができる。

【0062】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によ

れば、SARの限度を守りつつ能率の良い撮像を行うためのスピン励起方法および装置、並びに、そのようなスピン励起装置を用いるを用いる磁気共鳴撮像装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の一例の装置のブロック図である。

【図2】図1に示した装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図3】マルチスライスの概念図である。

【図4】マルチスライススキャンのタイムチャートを示す図である。

【図5】図1に示した装置におけるデータ処理部の機能を示すブロック図である。

【図6】図2に示したパルスシーケンスの一部を示す図である。

【図7】図2に示したパルスシーケンスの一部を示す図である。

【図8】図2に示したパルスシーケンスの一部を示す図である。

【図9】図1に示した装置の動作のフロー図である。

【図10】図9に示したフロー図の一部を示すフロー図である。

【符号の説明】

100 マグネットシステム

102 主磁場コイル部

106 勾配コイル部

108 RFコイル部

130 勾配駆動部

140 RF駆動部

150 データ収集部

160 制御部

170 データ処理部

180 表示部

190 操作部

300 撮像対象

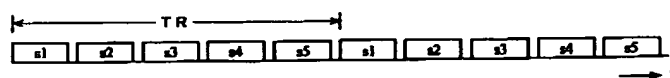
500 クレードル

702 撮像条件記憶ユニット

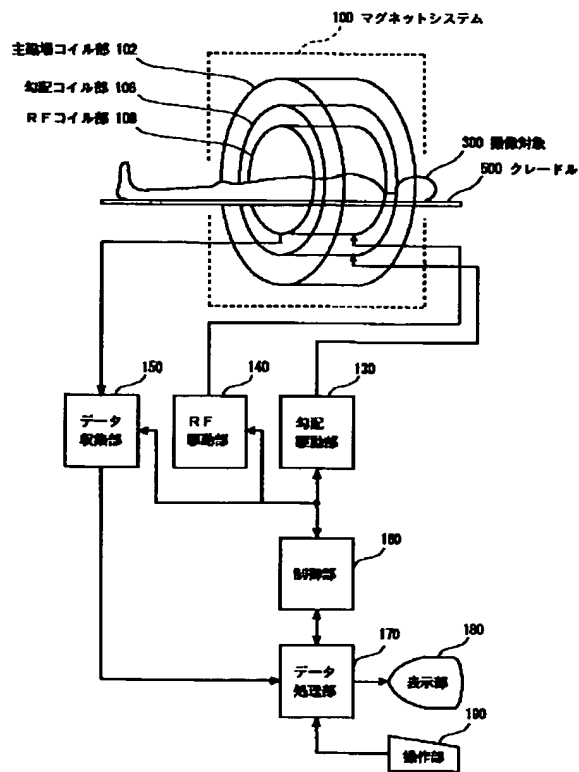
704 SAR予測ユニット

706 パルス調節ユニット

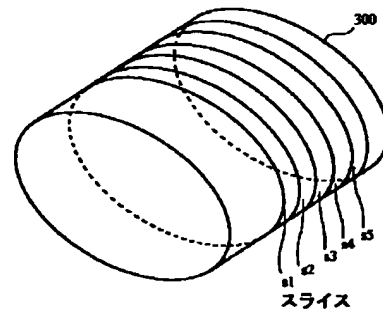
【図4】



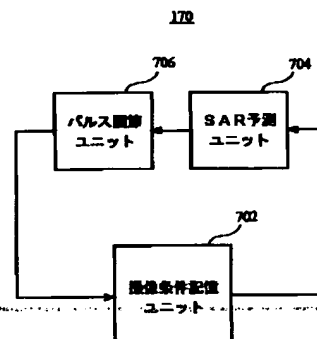
【図1】



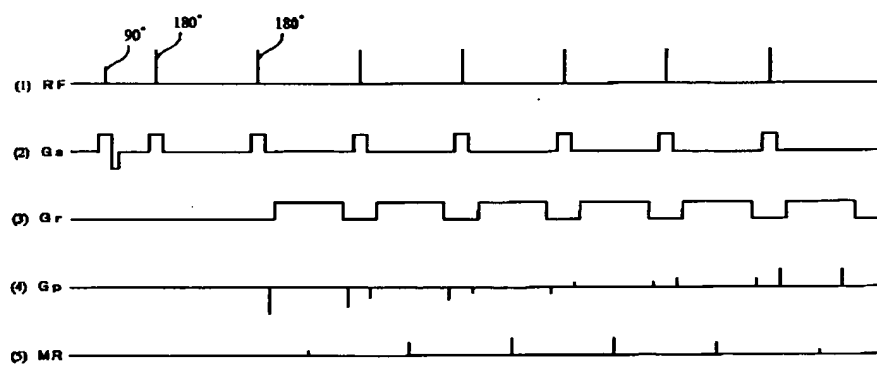
【図3】



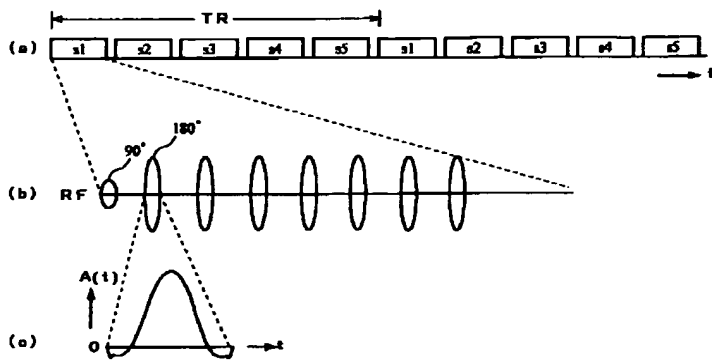
【図5】



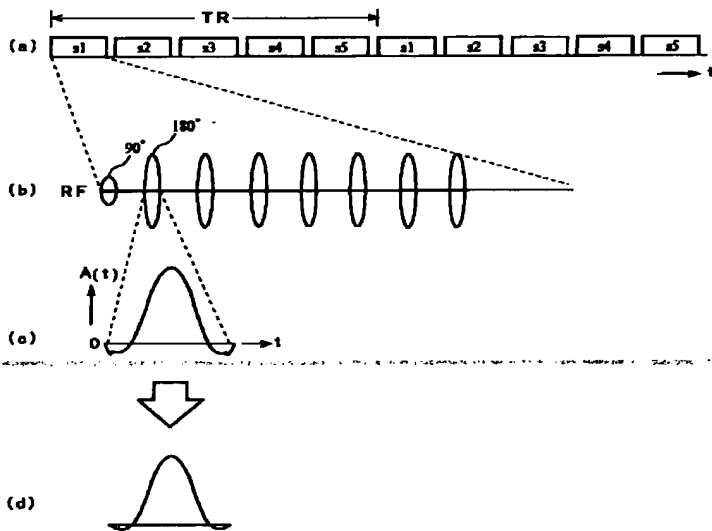
【図2】



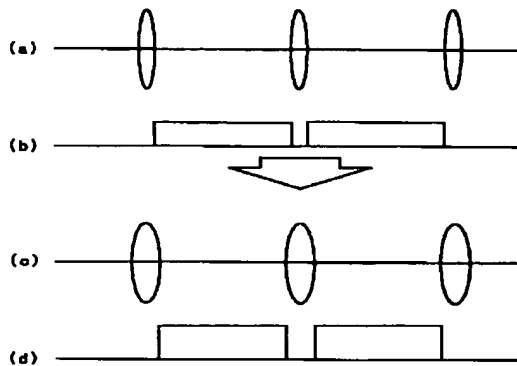
【図6】



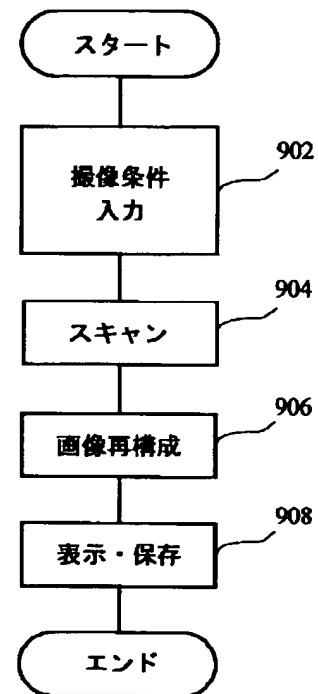
【図7】



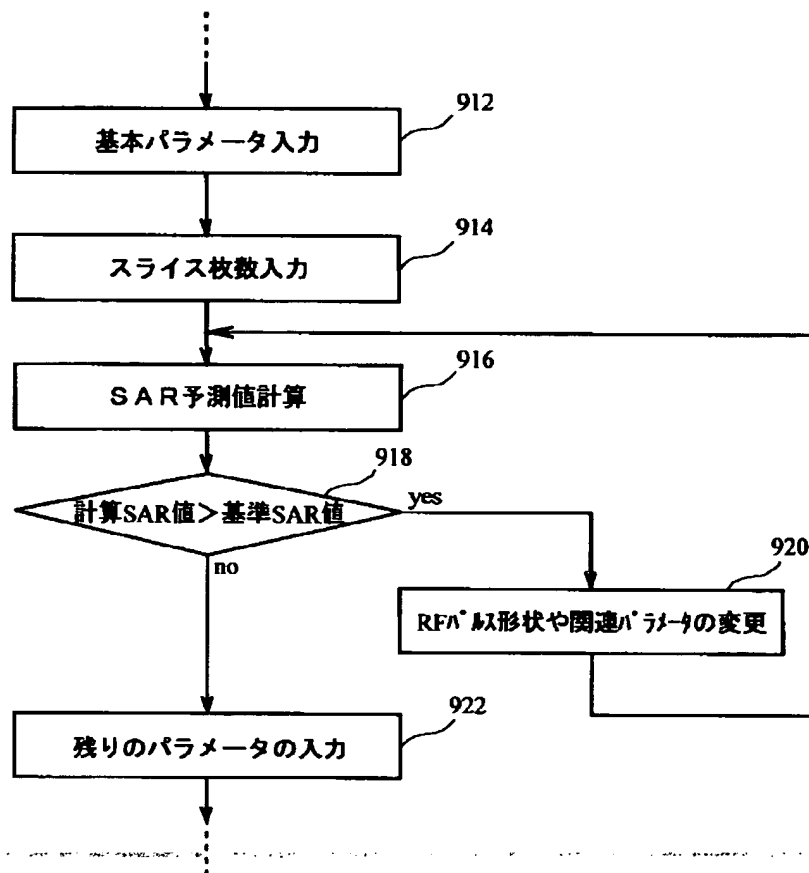
【図8】



【図9】



【図10】



This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**